

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-043624

(43)Date of publication of application : 08.02.2002

(51)Int.Cl.

H01L 33/00  
// H01L 21/203

(21)Application number : 2001-175468

(71)Applicant : LG ELECTRONICS INC  
YAO TAKAFUMI

(22)Date of filing : 11.06.2001

(72)Inventor : CHO MEOUNG WHAN  
YAO TAKAFUMI

(30)Priority

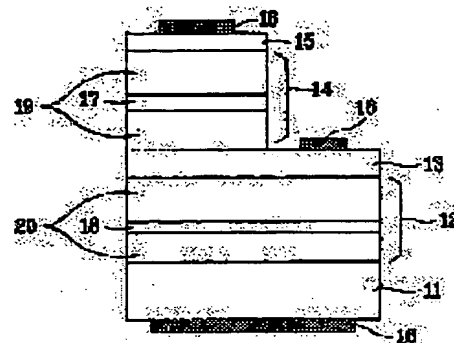
Priority number : 2000 200031643 Priority date : 09.06.2000 Priority country : KR

## (54) WHITE COLOR LIGHT EMITTING DIODE AND ITS MANUFACTURING METHOD

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a white color light emitting diode and its manufacturing method in which white color or a variety of mixed colors can be formed by implementing light emitting elements of two wavelengths on one substrate and manufacturing cost can be reduced by a simple process.

**SOLUTION:** The white color light emitting diode comprises a first light emitting part of III-V compound semiconductor formed on a substrate and having an active layer, a second light emitting part of II-IV compound semiconductor formed on the first light emitting part such that a predetermined region thereof is exposed and having an active layer, and electrodes formed in predetermined regions of the substrate and the first and second light emitting parts. Wavelength bands of white and a variety visible light regions having a long lifetime can be realized by growing a III-V compound semiconductor having a wavelength region of 635-780 nm and a II-IV compound semiconductor having a wavelength region of 450-550 nm on the substrate by lattice matching.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-43624

(P2002-43624A)

(43) 公開日 平成14年2月8日(2002.2.8)

(51) Int.Cl.

識別記号

F I

テーマコード(参考)

H 0 1 L 33/00

H 0 1 L 33/00

F 5 F 0 4 1

// H 0 1 L 21/203

21/203

M 5 F 1 0 3

審査請求 有 請求項の数20 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2001-175468(P2001-175468)

(22) 出願日 平成13年6月11日(2001.6.11)

(31) 優先権主張番号 2 0 0 0 - 3 1 6 4 3

(32) 優先日 平成12年6月9日(2000.6.9)

(33) 優先権主張国 韓国 (K R)

(71) 出願人 590001669

エルジー電子株式会社

大韓民国, ソウル特別市永登浦区汝矣島洞  
20

(71) 出願人 594020031

八百 隆文

宮城県仙台市青葉区片平二丁目1番1号  
東北大学金属材料研究所内

(74) 代理人 100064621

弁理士 山川 政樹

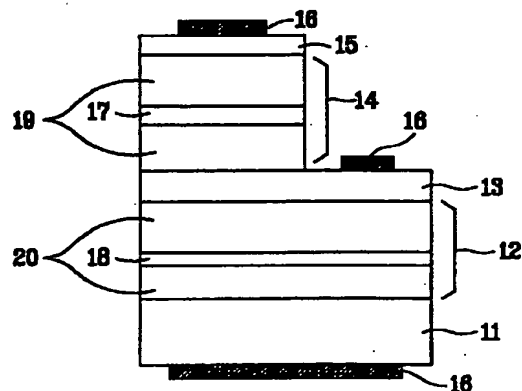
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 白色発光ダイオード及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 一つの基板の上に2波長の発光素子を実現して、白色または多様な混合色を形成でき且つ、簡単な工程で製作費用を低減することのできる白色発光ダイオード及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 白色発光ダイオードは、基板の上に III-V 族の化合物半導体からなり、活性層を有している第1発光部と、その第1発光部の所定の領域が露出されるよう第1発光部上に II-VI 族の化合物半導体からなり、活性層を有している第2発光部と、基板と第1及び第2発光部の所定の領域にそれぞれ形成された電極とから構成されており、基板の上に 635~780 nm の波長領域を有する III-V 族の化合物半導体と、450~550 nm の波長領域を有する II-VI 族の化合物半導体とを格子整合により成長させることで、寿命の長く、白色及び多様な可視光領域の波長帯を実現することができる。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項1】 基板と、

前記基板上に形成され、所定の領域で発光するようにII-V族の化合物半導体からなる第1発光部と、  
前記第1発光部上に形成され、所定の領域で発光するようにII-VI族の化合物半導体からなる第2発光部と、  
前記基板と、前記第1及び第2発光部の所定の領域とにそれぞれ形成される電極と、を備えているを特徴とする白色発光ダイオード。

【請求項2】 前記第1及び第2発光部上にはそれぞれ金属接触層が形成されることを特徴とする請求項1記載の白色発光ダイオード。

【請求項3】 前記金属接触層はGaAs系であることを特徴とする請求項2記載の白色発光ダイオード。

【請求項4】 前記第1発光部はGaAs/AlGaAs系、あるいはInGaP/AlInGaP系からなるマルチ量子ウェル構造であることを特徴とする請求項1記載の白色発光ダイオード。

【請求項5】 前記第2発光部はZnCdSe/ZnMgSSe系、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSe系からなるマルチ量子ウェル構造であることを特徴とする請求項1記載の白色発光ダイオード。

【請求項6】 前記電極は基板の下部に形成される第1電極と、前記第1発光部上に形成される第2電極と、前記第2発光部上に形成される第3電極と、から構成されることを特徴とする請求項1記載の白色発光ダイオード。

【請求項7】 前記電極は基板の下部に形成される第1電極と、前記第1発光部上に形成され、一定の間隔を有する第2電極と、前記第2発光部上に形成され、一定の間隔を有する第3電極とから構成され、ここで、第2及び第3電極には一定の幅を有する溝が形成されていることを特徴とする請求項1記載の白色発光ダイオード。

【請求項8】 前記溝は前記第1、第2発光部の発光領域が露出されないようにエッチングされることを特徴とする請求項7記載の白色発光ダイオード。

【請求項9】 前記基板はGaAs系、ZnSe系のうち何れか一つであることを特徴とする請求項1記載の白色発光ダイオード。

【請求項10】 前記第1及び第2発光部は互いに異なる波長光を発光することを特徴とする請求項1記載の白色発光ダイオード。

【請求項11】 GaAs基板と、

前記GaAs基板上に形成され、GaAs/AlGaAs、あるいはInGaP/AlInGaPからなるマルチ量子ウェル構造であり、第1クラッド層、第1活性層、第2クラッド層が順次積層されている第1発光部と、  
前記第1発光部上に形成されるGaAs第1接触層と、  
前記GaAs接触層上に形成され、ZnCdSe/Zn

MgSSe、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSeからなるマルチ量子ウェル構造であり、第3クラッド層、第2活性層、第4クラッド層が順次積層されている第2発光部と、

前記第2発光部上に形成されるGaAs第2接触層と、  
前記基板下部と、

前記第1及び第2接触層の所定の領域にそれぞれ形成される電極とを備えているを特徴とする白色発光ダイオード。

10 【請求項12】 前記基板と第1接触層は互いに異なる導電型であり、前記基板と第2接触層は同一な導電型であることを特徴とする請求項11記載の白色発光ダイオード。

【請求項13】 GaAs基板と、

前記GaAs基板上に形成され、GaAs/AlGaAs、あるいはInGaP/AlInGaPからなるマルチ量子ウェル構造であり、第1クラッド層、第1活性層、第2クラッド層が順次積層されている第1発光部と、

20 前記第1発光部上に形成されるGaAs第1接触層と、  
前記GaAs接触層上に形成され、ZnCdSe/ZnMgSSe、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSeからなるマルチ量子ウェル構造であり、第3クラッド層、第2活性層、第4クラッド層が順次積層されている第2発光部と、

前記第2発光部上に形成されるGaAs第2接触層と、  
前記基板下部に形成される第1電極と、

30 前記第1接触層の所定の領域に形成される第2電極と、  
前記第2接触層の所定の領域に形成される第3電極と、  
前記各第2電極の間と前記各第3電極の間に形成され、  
前記それぞれの電極が二つに分かれるように、所定の深さで形成される溝とを含むことを特徴とする白色発光ダイオード。

【請求項14】 前記基板と第1接触層は互いに異なる導電型であり、前記基板と第2接触層は同一な導電型であることを特徴とする請求項13記載の白色発光ダイオード。

40 【請求項15】 前記溝は前記第1、第2発光部の活性層が露出されないようエッチングされることを特徴とする請求項13記載の白色発光ダイオード。

【請求項16】 GaAs基板上にGaAs/AlGaAs、あるいはInGaP/AlInGaPからなるマルチ量子ウェル構造で第1発光部を形成し、前記第1発光部上にGaAs第1接触層を形成する段階と、  
前記GaAs接触層上にZnCdSe/ZnMgSSe、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSeからなるマルチ量子ウェル構造で第2発光部を形成し、その第2発光部上にGaAs第2接触層を形成する段階と、  
前記GaAs接触層の一部及びその下部にあるZnCdSe/ZnMgSSe、あるいはZnCdSe/ZnM

gBeSeからなるマルチ量子ウェル構造をエッチングして、前記GaAs第1接触層を露出させる段階と、前記基板下部と、前記第1及び第2接触層の所定の領域にそれぞれ電極を形成する段階とを備えていることを特徴とする白色発光ダイオード製造方法。

【請求項17】 前記GaAs第1接触層を露出させる段階の後に、前記露出したGaAs第1、第2接触層及びその下部領域を所定の深さにエッチングして溝を形成する段階を更に備えていることを特徴とする請求項16記載の白色発光ダイオード製造方法。

【請求項18】 前記基板と第1接触層は互いに異なる導電型であり、前記基板と第2接触層は同一の導電型であることを特徴とする請求項16記載の白色発光ダイオード製造方法。

【請求項19】 前記第1発光部はMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) と、MBE (Molecular Beam Epitaxy) のうち何れかの工程により形成されることを特徴とする請求項16記載の白色発光ダイオード製造方法。

【請求項20】 前記第2発光部はMBEと、MOMB E (Metal OrganicMolecular Beam Epitaxy) のうち何れかの工程により形成されることを特徴とする請求項16記載の白色発光ダイオード製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は白色発光ダイオード及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 現在、GaN青色発光ダイオード(LED)及びレーザーダイオード(LD)が開発され、商品化されている。最近では家庭用照明光として、液晶表示装置(LCD)のバックライトなど、照明分野に広く市場性のある白色発光ダイオードに関心が集まっている。

【0003】 かかる白色発光ダイオードとしてはYAG-GaN白色発光ダイオード、ZnSeヘテロエピタキシを基本とする白色発光ダイオード、三色(赤、緑、青)発光ダイオードを用いた白色発光ダイオードなどがある。そのうち、YAG-GaN白色発光ダイオードはInGaN青色LEDと、YAG (Yttrium Aluminum Garnet) 燐光物質とを組み合わせる構成とする。図1Aは一般的なInGaN-YAG白色LEDを示す構造断面図であり、図1Bは図1Aの発光部を詳細に示す図である。

【0004】 図1A及び図1Bに示すように、一般的なInGaN-YAG白色LEDはエポキシ樹脂を使用して砲弾形に成形されている。このダイオードは、図1Bに示すように、LEDのリードフレームのキャップ部分にYAG蛍光物質1を分散させた樹脂層を取り入れた構造からなっている。ここで、青色/黄色の光の比率を変えることによって得られる白色の色調は樹脂に配合した

YAG蛍光物質の濃度を調節することで設定される。

【0005】 図2は色度座標系を示すもので、図2に示すように、YAG蛍光物質1の色度点とInGaN系の青色LED2の色度点とを連結する直線状は色調の可変範囲となる。

【0006】 InGaN-YAG白色LEDは、図1Bに示すように、InGaN系の青色LED2から青色光が発光するとその光によってYAG蛍光物質1が励起され、黄緑色の蛍光を発生する。これらの青色光と黄緑色の光が互いに合成され、白色光に変換して外部へ放出される。

【0007】 このように、InGaN-YAG白色LEDはLEDチップを一つしか使用しないので、赤、緑、青(RGB)3色のLEDを使用するときのように、各色LEDの電流を調節する必要がない利点がある。また、YAG蛍光物質1はInGaN青色LED2のピーク波長の約460nmで励起され、変換効率が高く、耐水性及び耐光性が優れている。そして、有毒性の低い物質であるので環境保護の面で優秀である。

【0008】 ここで使用されるYAG蛍光物質1は、Y<sub>3</sub>Al<sub>5</sub>O<sub>12</sub>のYとAlの一部をGd、Gaにそれぞれ置換したもので、ガーネット(garnet)構造の安定した酸化物である。

【0009】 しかし、透明なYAG蛍光物質1はLEDから発光する光を吸収するので、量子効率を低下させるという問題がある。また、YAG蛍光物質は約10%の低い変換効率であるので、黄色成分を減少させることになる。黄色成分の増加のためにYAGの厚さを増加させると、輝度と量子効率が更に減少するという問題がある。

【0010】 一方、ZnSeホモエピタキシ(homoepitaxy)を基本とする白色発光ダイオードは、図3に示すように、S-A(self-absorption)センターとして、I, Cl, Br, Al, Ga, 又はInを添加した単結晶n型のZnSe基板3と、ZnSe, ZnCdSe, ZnSeTeなどの活性層5を含む薄膜構造のp-n接合を有する白色あるいは中間色を発光するII-VI族の発光ダイオード4とからなっている。

【0011】 活性層5では青色または青緑色光を発光し、ZnSe基板3のS-A放射センターは活性層5から発光する青色あるいは青緑色光を黄色あるいはオレンジ色光に転換する。活性層5から発光した青色または青緑色光と、ZnSe基板3から発光した黄色あるいはオレンジ色光は、赤色と青色の間の中間色光または白色光を合成する。即ち、ZnSe白色発光ダイオードは白色光を作るのみならず、赤色と青色の間に存在する中間色、深紅色とピンク色を作り出す。

【0012】 しかし、ZnSe白色発光ダイオードは、高価なZnSe基板を使用するため生産費用が上昇し、また、ZnSe基板のドーパ処理のみでは基板から出る

黄色の強度を調節し難いことや、等量の注入電流で白色をチューニングし難いという問題点がある。

【0013】三色（赤、緑、青）発光ダイオードを用いた白色発光ダイオードは、赤色で発光するAlGaAs、GaAsPと、緑-黄色で発光するGaPと、青色で発光するSiC及びInGaInと、オレンジ-黄色で発光するAlGaInPなどを用いて製作する。

【0014】しかし、三色（赤、緑、青）発光ダイオードを用いた白色発光ダイオードは3原色ハイブリッドLEDによる費用上昇と、照明や背景光などに適した白色を作るために、各チップに複雑な電力供給及び複雑な駆動回路が必要であり、組立完了した製品の大きさが大きくなる問題点がある。

【0015】

【発明が解決しようとする課題】本発明は上記した従来技術の諸問題点を解決することができる発光ダイオードを提供し、かつその製造方法を提供することを課題とする。

【0016】本発明の他の目的は、一つの基板上に2波長の発光素子を実現して、白色または多様な混合色を形成することができる白色発光ダイオード及びその製造方法を提供することにある。

【0017】本発明のさらに他の目的は、簡単な工程で製作費用を低減できる白色発光ダイオード及びその製造方法を提供することである。

【0018】

【課題を解決するための手段】本発明による白色発光ダイオードは、基板と、その基板上に形成され、所定の領域で発光するIII-V族の化合物半導体からなる第1発光部と、第1発光部に形成され、前記第1発光部と異なる所定の領域で発光するII-VI族の化合物半導体からなる第2発光部と、第1及び第2発光部の所定の領域と基板下部にそれぞれ形成される電極とを備えて構成されている。

【0019】ここで、第1及び第2発光部上にはそれぞれGaAs接触層が形成され、基板はGaAs系、ZnSe系のうち何れか一つである。

【0020】そして、第1発光部はGaAs/AlGaAs系、あるいはInGaP/AlInGaP系からなるマルチ量子ウェル構造であり、第2発光部はZnCdSe/ZnMgSSe系、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSe系からなるマルチ量子ウェル構造である。

【0021】また、本発明はGaAs基板と、GaAs基板上に形成され、GaAs/AlGaAs、あるいはInGaP/AlInGaPからなるマルチ量子ウェル構造であり、第1クラッド層、第1活性層、第2クラッド層が順次積層されている第1発光部と、第1発光部上に形成されるGaAs第1接触層と、GaAs接触層上に形成され、ZnCdSe/ZnMgSSe、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSeからなるマルチ量子ウ

ェル構造であり、第3クラッド層、第2活性層、第4クラッド層が順次積層されている第2発光部と、第2発光部上に形成されるGaAs第2接触層と、第1及び第2接触層の所定の領域と基板下部にそれぞれ形成される電極とを備えて構成されている。

【0022】ここで、基板と第1接触層は互いに異なる導電型であり、基板と第2接触層は同一な導電型である。

【0023】本発明は、GaAs基板と、GaAs基板上に形成され、GaAs/AlGaAs、あるいはInGaP/AlInGaPからなるマルチ量子ウェル構造であり、第1クラッド層、第1活性層、第2クラッド層が順次積層されている第1発光部と、第1発光部上に形成されるGaAs第1接触層と、GaAs接触層上に形成され、ZnCdSe/ZnMgSSe、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSeからなるマルチ量子ウェル構造であり、第3クラッド層、第2活性層、第4クラッド層が順次積層されている第2発光部と、第2発光部上に形成されるGaAs第2接触層と、基板下部に形成される第1電極と、第1接触層の所定の領域に形成される第2電極と、第2接触層の所定の領域に形成される第3電極と、各第2電極の間と各第3電極の間に形成され、各電極が互いに隔離されるように、所定の深さで形成される複数の溝とを含んでいる。

【0024】本発明による白色発光ダイオードの製造方法は、GaAs基板上にGaAs/AlGaAs、あるいはInGaP/AlInGaPからなるマルチ量子ウェル構造で第1発光部を形成し、第1発光部上にGaAs第1接触層を形成する段階と、GaAs接触層上にZnCdSe/ZnMgSSe、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSeからなるマルチ量子ウェル構造で第2発光部を形成し、その第2発光部上にGaAs第2接触層を形成する段階と、GaAs接触層の一部及びその下部にあるZnCdSe/ZnMgSSe、あるいはZnCdSe/ZnMgBeSeからなるマルチ量子ウェル構造をエッチングして、GaAs第1接触層を露出させる段階と、基板下部と、第1及び第2接触層の所定の領域にそれぞれ電極を形成する段階とを備えている。

【0025】ここで、GaAs第1接触層を露出させる段階後は、前記露出したGaAs第1、第2接触層及びその下部領域を所定の深さでエッチングして、溝を形成する段階を更に備えている。

【0026】そして、第1発光部はMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) と、MBE (Molecular Beam Epitaxy) のうち何れかの工程により形成され、第2発光部はMBEと、MOMBE (Metal Organic Molecular Beam Epitaxy) のうち何れかの工程により形成される。

【0027】

【発明の実施の形態】本発明は一つの基板上に異なった

二つの物質系 (GaAs系のIII-V族と、ZnSe系のII-VI族)の薄膜を成長させて、2波長の発光素子を実装させることにより、発光層から出る各々の光を混合して白色または多様な混合色を形成するようにしたものである。従って、本発明は一つの基板上にIII-V族の化合物半導体の薄膜成長技術であるMOCVD (Metal Organic Chemical Vapor Deposition) あるいはMBE (Molecular Beam Epitaxy) と、II-VI族の化合物半導体の薄膜成長技術であるMBEあるいはMOMBE (Metal Organic Molecular Beam Epitaxy) とを結合して、

白色及び多様な混合色の発光ダイオードを実現する。  
【0028】光源の色を評価する場合、XYZ表色系を適用して考えることが理解しやすい。XYZ表色系で、色の3刺激値X, Y, Zは次の通りである。

(式1)

【数1】

$$Y = k \int_{380}^{780} S(\lambda) x(\lambda) d\lambda$$

$$X = k \int_{380}^{780} S(\lambda) r(\lambda) d\lambda$$

$$Z = k \int_{380}^{780} S(\lambda) z(\lambda) d\lambda$$

【0029】上記中

$S(\lambda)$ : 光源の放射量の相対分光分布

$x(\lambda)$ ,  $y(\lambda)$ ,  $z(\lambda)$ : XYZ表色系で表れる等色関数

$k$ : 比例常数

【0030】前記式1で得たX, Y, Zから、次の式2により色度座標x, y, zが得られる。

【0031】(式2)

$$x = X / (X + Y + Z)$$

$$y = Y / (X + Y + Z)$$

$$z = Z / (X + Y + Z)$$

【0032】この式2により得られた色度座標で、白色を表す領域は $x=0.33$ ,  $y=0.33$ 辺りにあるが、これを実現する光原色の組合せは赤+緑+青, 赤+青緑, 青+黄緑など数多く存在する。

【0033】また、式2から、複数のLED組合せで白色光を得るか、LEDと他の材料によって白色光を得るかの選択が可能である。このように、白色を表す方法は3原色の混合だけでなく、図2に示すように、適切な波長を有する二色を組み合わせることに可能である。

【0034】今まではZnSe系のII-IV族の化合物半導体の場合、主にMBE成長方法を用いて青-青緑色の発光素子を製作してきた。しかし、ZnSeと格子整合の可能な基板がないので、本発明ではZnSeに対して0.27%小さい格子不整合を有するGaAs基板を使用している。

【0035】従って、本発明のIII-V族の化合物半導体とII-VI族の化合物半導体は完全な格子整合を維持さ

せてGaAs基板上に成長させることができる。これは、図4に示すIII-V族とII-VI族の化合物半導体のバンドギャップと格子常数との関係図から判る。

【0036】図4に示すように、III-V族の赤色発光素子としてのAlGaAsとInGaAlPは、GaAs基板と格子整合が可能であり、II-VI族の青緑色発光素子としてのZnMgBeSe, ZnMgSSeとも格子整合が可能である。これにより、GaAs基板と薄膜との間の格子不整合による結合発生を抑制できる。ここで、GaAsを基礎とするIII-V族の化合物半導体は635~780nmの可視光波長領域帯の発光素子の製作が可能であり、II-VI族の化合物半導体は450~550nmの波長領域帯の発光素子製作が可能である。従って、図2の色座標から判るように、III-V族とII-VI族の化合物半導体は赤色と青色、青緑色と緑色領域の辺りの適切な波長調節が可能であり、適切な波長選択によって白色や、深紅色、ピンク色などの混合色を表現することができる。

【0037】図5A~図5Eは本発明による白色発光ダイオード製造工程を示す工程断面図である。

【0038】まず、図5Aに示すように、p-GaAs基板11上にMOCVDあるいはMBE成長技術を用いて、III-V化合物半導体12のAlGaAs/GaAs/AlGaAs又はInGaAlP/InGaP/InGaAlPなどを量子ウェル構造で1次成長させる。ここで、AlGaAsまたはInGaAlPはクラッド層18であり、GaAsまたはInGaPは活性層17である。このとき、活性層17として用いられるGaAsまたはInGaPの組成比及び量子ウェルの厚さなどを調節すると、特定の赤色の発光波長を出す発光素子を製作できる。次いで、クラッド層18上に金属接触層としてn-GaAs13を形成する。この成長した金属接触層n-GaAs13はIII-V族の赤色発光素子と、II-VI族の青色または青緑色の発光素子とに共通にn-接触層の役割をしつつ、II-VI族の化合物半導体物質の最初の界面となる。上記GaAs系のIII-V族の化合物半導体のAlGaAs/GaAs/AlGaAs、又はAlInGaP/InGaP/AlInGaPは約650~750℃で高温成長する。

【0039】次いで、図5Bに示すように、GaAs系のIII-V族の化合物半導体12を基礎とする発光素子の薄膜を成長させた後、金属接触層n-GaAs13上にMBE又はMOMBEを用いて、II-VI族の化合物半導体14のZnMgSSe/ZnCdSe/ZnMgSSe、又はZnMgBeSe/ZnCdSe/ZnMgBeSeなどを量子ウェル構造で2次成長させ、その上に電極形成のためのp-接触層15を形成する。ZnMgSSe又はZnMgBeSeはクラッド層20であり、ZnCdSeは活性層19である。上記II-VI族の化合物半導体14のZnMgSSe/ZnCdSe/Z

nMgSSe又はZnMgSSe/ZnCdSe/ZnMgBeSeは約250～350℃の低温で成長させることができる。

【0040】本発明で、III-V族の化合物半導体12の1次成長方法として、MBE又はMOMBE工程技術を用い、II-VI族の化合物半導体14の2次成長方法としてMOCVD又はMBE工程技術を用いる理由は、2次成長温度を1次成長温度より低くすることで、界面の潰れや内部拡散による素子特性の劣化を防止するためである。これにより、本発明において、1次成長のGaAs系のIII-V族化合物半導体12は、MOCVDまたはMBEを用いて高温で(650～750℃)させ、2次成長のIII-V族化合物半導体14は、MBE又はMOMBEを用いて低温(250～350℃)で成長させることができる。

【0041】2次成長のための表面処理方法はMOCVD又はMBEによる1次成長方法によって異なる。即ち、1次成長方法がMOCVDである場合、1次成長後、その1次成長した半導体層が空気に露出され、半導体層の表面に酸化膜が形成される。従って、半導体層の表面の酸化膜を除去するために、半導体層の表面を空气中で化学的エッチングし、MBEチェンバー内で熱処理をしなければならない。それによって、MBEチェンバーでn-GaAs13パッファ層を成長させて、III-V族とII-VI族の化合物半導体12、14薄膜の間で発生する欠陥を最大限に抑制することができる。また、1次成長方法がMBEである場合には、III-V族の化合物半導体12薄膜成長の後、2次成長のために高真空状態でII-VI族のチェンバーへ移動するので、余分な表面処理が必要なく、直接に成長を開始することができる。

【0042】次いで、図5Cに示すように、1次及び2次成長でIII-V族とII-VI族の化合物半導体12、14薄膜を成長させた後、フォトリソグラフィ工程と化学的エッチング又はドライエッチングを用いて、n-GaAs13層が部分的に露出されるようにII-VI族の化合物半導体14を除去する。

【0043】次いで、図5Dに示すように、p-GaAs基板11とII-VI族の化合物半導体14のp-接触層15の所定領域にp-金属電極16を形成し、III-V族化合物半導体12の露出された接触層のn-GaAs13層の所定領域にn-金属電極16を形成する。図5Dはエッジ発光型として製作した発光ダイオードであり、図5Eは表面発光型として製作した発光ダイオードである。

【0044】図5Eに示すように、表面発光型の発光ダイオードは、発光効率を高めるために、III-V族及びII-VI族の化合物半導体12、14のそれぞれの上側のクラッド層19、20を活性層17、18の近くまでエッチングを行うようにした。すなわち、この例では各電極が互いに隔離されるように、所定の深さで形成される

溝を形成させた。上記のようにして白色発光ダイオードを制作することができる。

【0045】図6は本発明の白色発光ダイオードを用いて低温PLスペクトル実験結果を示す図で、II-VI族の構造で量子ウェルとして使用したZnCdSe層のCdの組成比の変化による多様な発光波長を示している。III-V族とII-VI族の化合物半導体の界面にp-n-p-nサイリスタ構造やドーブ処理されてないGaAs層を形成して、漏洩電流を制限することもできる。

【0046】

【発明の効果】以上で説明したような本発明による白色発光ダイオード及びその製造方法は次のような効果がある。

【0047】第一には、本発明は、GaAs基板上に635～780nmの波長領域を有するIII-V族の化合物半導体と、450～550nmの波長領域を有するII-VI族の化合物半導体とを格子整合により成長させたので、寿命が長く、白色及び多様な可視光領域の波長帯を実現できる白色ダイオードとすることができる。

【0048】第二には、白色発光ダイオードを実現するための多段階薄膜の成長時の1次成長時にMOCVDまたはMBE工程を行い、GaAs系のIII-V族の化合物半導体層を高温成長した後、2次再成長時にMBE又はMOMBE工程を行って、II-VI族の化合物半導体層を1次成長より低温成長させているので、界面の潰れや内部拡散による素子特性の劣化を防止する効果がある。

【0049】第三には、白色発光ダイオード製作工程が半導体レーザーのプロセス技術で対応可能であるので、新たな工程技術が要求されず、二つの発光ダイオード構造に注入される電流量でのみ可視光の領域を変化させることができるという効果がある。

【図面の簡単な説明】

【図1】一般的なInGaN-YAG白色発光ダイオードを示す構造断面図(A)と図1Aの発光部を示す詳細図(B)である。

【図2】色度座標系を示すグラフである。

【図3】一般的なZnSe基板を用いた白色発光ダイオードを示す構造である。

【図4】III-V族とII-VI族の化合物半導体の格子常数と、バンドキャップとの関係模式図である。

【図5A】本発明による白色発光ダイオード製造工程を示す工程断面図である。

【図5B】本発明による白色発光ダイオード製造工程を示す工程断面図である。

【図5C】本発明による白色発光ダイオード製造工程を示す工程断面図である。

【図5D】本発明による白色発光ダイオード製造工程を示す工程断面図である。

【図5E】本発明による白色発光ダイオード製造工程を示す工程断面図である。

11

12

【図6】本発明による白色発光ダイオードの低温PLスペクトル図である。

【符号の説明】

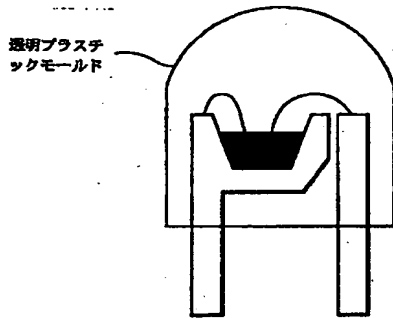
- 1: YAG 蛍光物質  
 2: InGaN系の青色LED  
 3: ZnSe基板  
 4: II-VI族の発光ダイオード  
 11: p-GaAs基板  
 12: III-V族の化合物半導体  
 13: n-GaAs

- \* 14: II-VI族の化合物半導体  
 15: p-接触層  
 16: 電極  
 17, 19: 活性層  
 18, 20: クラッド層  
 21: n-GaAs基板  
 22: III-V族の化合物半導体  
 23: p-GaAs  
 24: II-VI族の化合物半導体

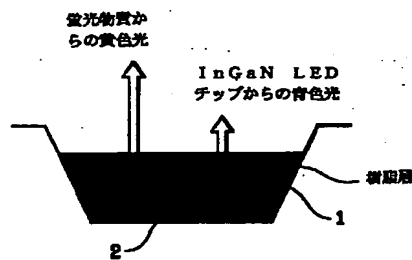
\*10

【図1】

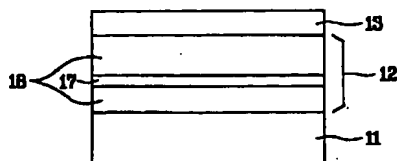
A



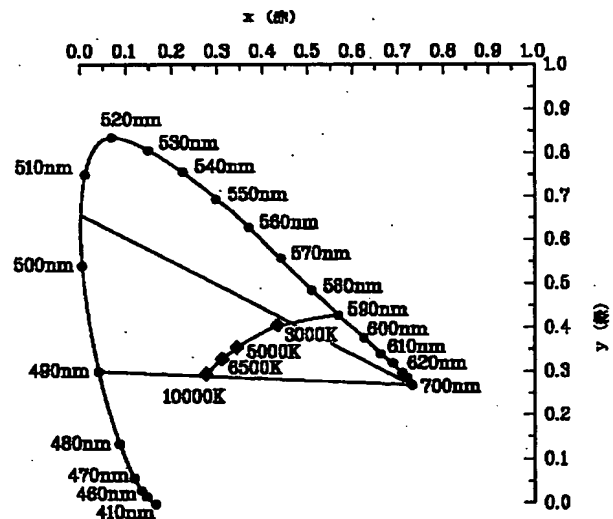
B



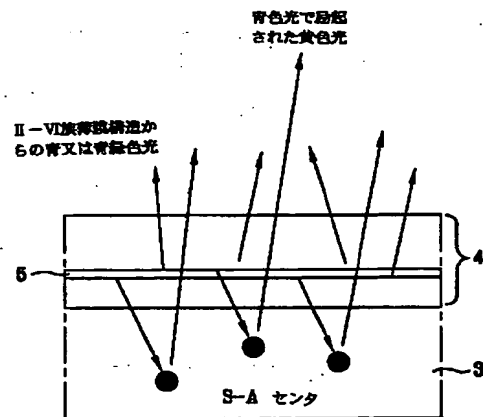
【図5A】



【図2】

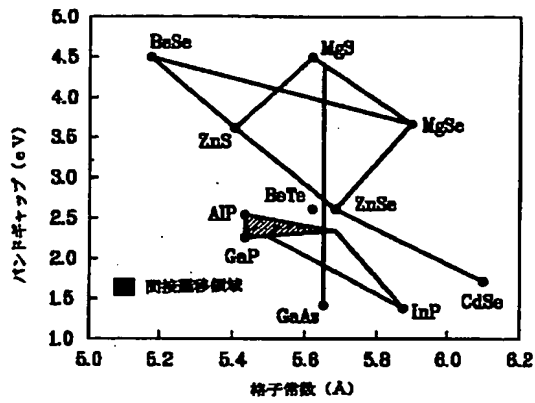


【図3】

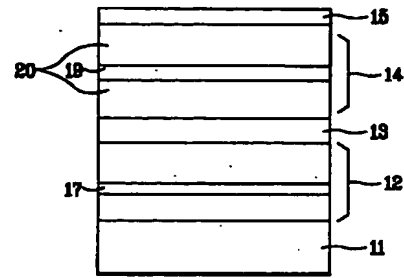




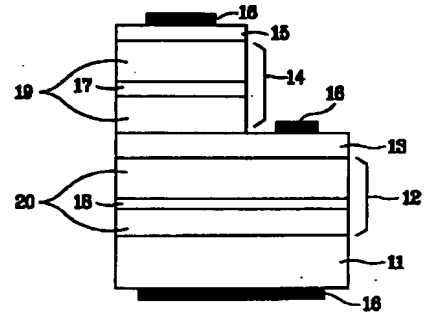
【図4】



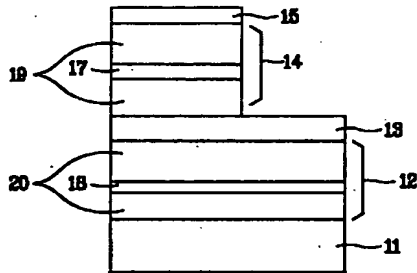
【図5B】



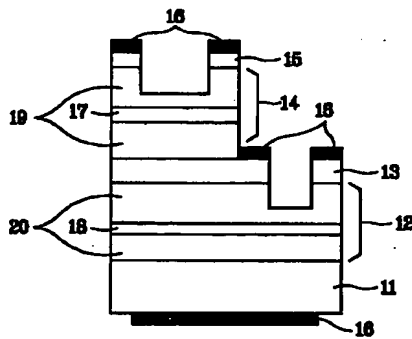
【図5D】



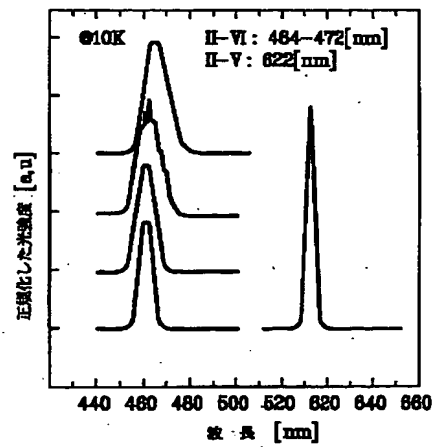
【図5C】



【図5E】



【図6】



## フロントページの続き

(72)発明者 ミョン・ハン・チョン  
大韓民国・キョンギド・クンポーシ・サ  
ンボンードン・1151-5・スリハニャン  
アパートメント・821-2401

(72)発明者 八百 隆文  
仙台市青葉区片平2-1-1 東北大学金  
属材料研究所  
Fターム(参考) 5F041 AA11 AA12 CA05 CA12 CA35  
CA36 CA41 CA65 CA66 CB28  
5F103 AA04 AA05 DD03 DD05 DD08  
DD30 GG01 HH03 LL02 NN01